



Ambientes Estresantes en la Sociedad Ciborg y Posibles Implicaciones Epigenética

Juan R. Coca ¹
Isabel Castro Piedras ²

RESUMEN

En este artículo se muestran los cambios sociales que se han producido en los últimos años. En la posmodernidad se han incrementado el número de no-lugares en las ciudades, además las urbes son cada vez más estresantes. Todo ello tiene consecuencias epigenéticas que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de las ciudades. En el texto se hace un recorrido por las investigaciones actuales sobre estrés y sus implicaciones epigenéticas. Finalmente se exponen un conjunto de consideraciones que podrían mitigar el impacto del estrés en las grandes urbes.

Palabras Clave: Sociedad Ciborg; Progreso; Edigenética; Estrés.

¹ Unidad de Investigación social en salud y enfermedades raras – GIR Trans-REAL lab. Universidad de Valladolid, Uva, Espanha. juanrcoca@gmail.com

² Texas Tech University, TTU, Estados Unidos das Américas. isabel.castro@ttuhsc.edu

Las sociedades capitalistas y modernas, como ya ha indicado Zygmunt Bauman (2003), viven en entornos sociales que presentan unas características determinadas y para entenderlas se han caracterizados empleando la metáfora de lo líquido, por ello se dice que estos contextos sociales tienen niveles de liquidez elevados. La sociedad occidental actual es altamente cambiante debido, en buena medida, a los enormes avances científicos y tecnológicos. Por tanto, los elementos estructurantes de la sociedad, las funciones, las relaciones, etc. son altamente cambiantes. Así mismo, este autor nos indica que el ser humano, en este contexto, se ha ensimismado y ha centrado su interés en sí mismo y no tanto en su entorno.

El ser humano, indica Bauman (2003), se ha centrado en buscar su felicidad tanto que, le resultará muy difícil, no caer en el proceso de consumo constante. Por otro lado, y unido al desarrollo tecno-científico, el espacio y el tiempo se han segregado el uno del otro. Actualmente, los avances tecnológicos han traído consigo que la percepción del tiempo se haya transformado sustancialmente provocando que, cada vez más, se viva en entornos altamente acelerados.

En la última parte del siglo XX y en los comienzos del presente siglo XXI podemos comprobar sin dificultad que estamos inmersos en la posmodernidad, también denominada hipermodernidad (Lipovetsky 1986), y en ese cambio de siglo se ha asistido a la conclusión de la transición modernista hacia el postmodernismo, también denominado “capitalismo tardío” (Sennett 1998), post-industrial o multinacional (Jameson 1996, p.55), post-estructuralista o consumista, según el ítem que se tome de referencia. Dicha sociedad posmoderna (Martín 2006) se podría caracterizar sucintamente por la ahistoricidad, subjetivismo, individualismo, la eclosión de las tecnologías de alto nivel (Gergen 1991), consumismo, multiculturalismo, victimismo e infantilismo (Bruckner 1996) y una profunda modificación de las condiciones laborales, donde la flexibilidad, la superficialidad y el riesgo serían las señas de identidad de ese nuevo trabajo (Sennett 1998).

Por otro lado es notoria la aceleración en aquellos procesos sociales mediados por la tecnociencia. A saber: el efecto de los fármacos, la rapidez en los procesos de curación, los procesos de comunicación entre diferentes regiones del globo, la rapidez en el impacto de la información (fenómeno de viralización), etc. Rosa (2013) afirma que desde la modernidad, incluso anteriormente, se ha ido produciendo un fenómeno de contracción del espacio social de interacción personal, llegando a materializarse en los denominados *no-lugares*. Estos *no-lugares* (Augé 1993) son la expresión clara de la sobremodernidad (según lo expuesto por este mismo pensador) en los espacios donde conviven los humanos, ya que están basados en la transitoriedad, en la no identidad, donde un billete (por ejemplo) es un elemento estructurante de lo identitario. De tal manera que estos *no-lugares* sólo importa el tiempo,

la hora de llegada de un vuelo, la salida del tren, etc. Allí no hay rostros, ni personas, sólo códigos, números o individuos.

A nuestro juicio estos *no-lugares* se han ido ampliando debido a los procesos de fragmentación de lo socio-personal (ruptura de lo colectivo-comunitario hacia un espacio nihilista sin identidad). Lo que supone que cada vez sean más numerosas las zonas donde las personas están en tránsito y sus identidades carecen de relevancia social. En este contexto el *otro* no es un *alter*, puesto que no me transforma en el transcurrir vital. El otro es simplemente un individuo en tránsito. Estamos, entonces, ante un fenómeno de co-participación de un espacio neutro pero nunca una *oikos* donde uno puede volcar su identidad. Como hemos dicho, siguiendo a Bauman, ello es debido a un incremento del fenómeno de *ensimismamiento social* en el que nos encontramos actualmente. Como habrán podido suponer, la aceleración proveniente de la aceleración tecnológica trae consigo una aceleración del cambio social y una aceleración del ritmo de la vida.

Estos motores de la aceleración han generado consigo que las personas tengan una vida con grandes niveles de paradoja. Los lugares con mayor concentración de personas son las zonas con mayores niveles de carencia identitaria. Además, los artefactos tecnológicos que tienen como objetivo facilitar la vida de las personas han incrementado también los problemas de estrés y dependencia. Todos estos aspectos son características negativas de la nueva sociedad que hemos denominado como sociedad ciborg por el gran condicionante que tiene la tecnociencia en el desarrollo de dicha sociedad (Aragón 2017).

REDUCCIÓN DEL ESPACIO SOCIAL

Hemos indicado, siguiendo a Bauman (2003), que los espacios se han reducido como entornos sociales. Es decir, los procesos simbólicos donde los fenómenos identitarios operan socialmente se han ido relegando paulatinamente debido a este proceso de ensimismamiento social. Nihilismo altamente relacionado con dos aspectos presentes en las urbes actuales. Por un lado esa cantidad de tiempo, esos largos viajes que debemos hacer en frenéticas ciudades (Narváez 2012), que nos obligan a estar constantemente pendientes de nosotros, de nuestros impulsos y reacciones en ambientes altamente estresantes. Por otro lado, nos encontramos con zonas empobrecidas (de un modo u otro: zonas con altos niveles de paro, con población envejecida, poco pobladas, con pocos recursos económicos, etc.), en ellas las personas prácticamente sólo pueden aspirar a tener un televisor y a restringir su movilidad a una pequeña zona vinculada a sus capacidades físicas o a la ayuda de algún vecino o familiar (Narváez 2012). Estas personas, en muchas ocasiones, se resguardan en sus hogares evitando, en lo posible, el contacto ajeno. Ambas realidades sociales generan niveles de desconexión de lo local que van

convirtiendo a estas personas en invisibles (Narváez 2012). El tejido urbano pareciera que puede ser interpretado como agresivo y, por tanto, las personas necesitan –de un modo u otro– separarse de éste y buscar entorno en los que identificarse. Estos últimos, en ocasiones, se encuentran en la ciudad virtual: Telépolis (Echeverría 1999)

Para poder analizar esta característica del tejido urbano de la sociedad ciborg con claridad, recurriremos a la distinción entre coreografías y texturas (Ginev 2016). En el primer caso las interacciones serían entre el mundo humano y el no humano, una especie de código que puede ser interpretado, y genera cierta relación de comprensión. En cambio, las texturas serían la imbricación que se produce en la interacción entre humanos. Recuérdese que una textura en un tejido en el que los hilos se entremezclan. La idea de textura se asemeja, en cierto sentido, la concepción sistémica de lo social (Luhmann 1998). En esta textura/sistema, es necesario que se produzcan espacios de comunicación, de interrelación entre nodos o, si se prefiere, de transferencia de información. Es, en definitiva, la conformación de un nicho de configuración de sentido social.

En la sociedad ciborg en la que vivimos, los procesos de relación social parecen ser más automático de lo que eran en la modernidad, en el medievo y en la antigüedad. Nuestro comportamiento, especialmente en el mal llamado mundo occidental, es cada vez más impersonal. Todo ello parece indicar que dichas texturas y coreografías con nuestro entorno también se han roto. Lo cual, a su vez, genera una especie de dislocación en el triángulo interpretación e interrelación que se genera entre lo personal, lo social y el entorno. De hecho, Aragón (2014) nos indica que en un estudio realizado en Holanda en el 2004, se comparó una población rural con una urbana. Se encontró que existía mayor riesgo de incrementar los niveles de trastornos psíquicos en personas que vivían en entornos urbanos. Ello es debido, según Aragón (2014), al texto sin contexto que representan las ciudades y, añadiríamos nosotros, al incremento de la presencia de estos impersonales no-lugares.

Esta ciborgización o automatización de los procesos sociales puede ser ejemplificado también en el incremento de la mediación tecnológica por parte de los docentes en el sistema educativo. Los docentes, median su proceso didáctico a través de las nuevas tecnologías, debido al éxito que estas han generado, y se despreocupan –cada vez más– de la realidad personal del educando. Nuevamente el proceso de dislocación del que hablamos. En este sentido conviene recordar que el conocimiento no es algo producido por los objetos o por el proceso de indagación, está mediado por sujetos orientados hacia dicho conocimiento. Por tanto, la educación no puede centrar su interés, exclusivamente, en lo procedimental ya que perdería de vista el sujeto de su propio fin (Gimeno Sacristán 1998).

Otro ejemplo interesante nos lo encontramos en la medicina. En este ámbito de conocimiento, el médico ha relegado su proceso diagnóstico para apostar por los datos empíricos provenientes del laboratorio. Un ejemplo de esto lo tenemos en la desaparición de la corriente humanista en medicina. Aquí está, nuevamente, la fractura de procesos centrados en lo personal, para ocuparse solamente de lo tecnológico-operacional. En este sentido, la búsqueda de la excelencia a través de los procesos de certificación de la calidad en instituciones vinculadas a la salud (los cuales tiene enorme importancia en la actualidad) implica cierta hipertrofia de lo procedimental. Ahora bien, en los procesos relacionados estrechamente con las personas, la problemática se incrementa sustancialmente. Por ejemplo, podríamos establecer que un indicador de calidad de un servicio sanitario es el número de pacientes tratados. Ello podría significar que hay un mayor número de personas atendidas y, por ende, a mayor número de pacientes tratados, mayor calidad en el servicio. Ahora bien, sabemos que una buena información médica necesita tiempo, un buen diagnóstico necesita cierto conocimiento del contexto personal del paciente. Todo ello choca frontalmente con la idea del número de personas tratadas, como indicador de calidad.

En este contexto de reducción de lo societal producido, en buena medida, por el incremento del impacto de lo ciborgico en los diferentes subsistemas del gran sistema social, la ciudad no está al margen. De hecho, parece que la evolución de lo urbano, como hemos indicado en referencia a Augé, trae consigo un incremento de los procesos de despersonalización, de aceleración y de estrés. En este sentido, Lederbogen et al. (2011) identificaron mecanismos neurales que vinculan el entorno urbano con el procesamiento del estrés social. Los autores sugieren que las regiones cerebrales vinculadas al circuito neuronal *paCC*-amígdala está relacionado con este proceso de estrés social. Dicho proceso de estrés se relaciona con la separación, soledad, aislamiento de otras personas (Ge, Dou & Liu 2017). Tanto es así que el concepto de vulnerabilidad social indica claramente los factores potenciadores de estrés social y es concebida como una condición preexistente y un estado inherente del mundo actual (Neil et al. 2008). Unas precondiciones de nuestra sociedad ciborg que configuran unas coreografías y unas texturas hermenéuticas e imaginarias difíciles de evaluar.

Lo que parece bastante claro es que estas coreografías (persona-naturaleza) y texturas (persona-persona) están generando –como siempre sucede con el desarrollo de artefactos tecnocientíficos (Coca 2010) – elementos emergentes en el tejido social que plantean nuevos retos a los que debemos enfrentarnos. El estrés social se está convirtiendo en uno de estos grandes retos sociales que puede operar como un elemento disruptor del mismo. Lo que obliga al propio sistema social a tener que generar alternativas a dichos procesos internos negativos.

EPIGENÉTICA Y EPIGENOMA

En este contexto de ciborgización social y de altos niveles de estrés urbano, los riesgos socio-genéticos podrían ser relativamente altos, especialmente a nivel epigenético. Ello es debido a que se ha podido comprobar la relación entre altos niveles de estrés (provenientes de un fenómeno altamente estresante o de un estrés sostenido en el tiempo) y la existencia de metilaciones en el ADN que pueden traer consigo, a su vez, enfermedades. McGowan et al. (2009) y Alegría-Torres, Baccarelli & Bollati (2011) nos indican que se ha comprobado que las víctimas de suicidios con una historia de abusos durante su infancia presentaban hipermetilaciones en los genes receptores de glucocorticoides del hipocampo. En cambio, las víctimas de suicidios que habían sufrido estas historias de abusos en su infancia no tenían tales metilaciones. Lo que parece indicar que situaciones de estrés fuerte podrían traer consigo este tipo de efectos denominados epigenéticos. Por el contrario, cuando las personas tenemos experiencias sociales de carácter positivo y a edades tempranas, parece que se podría producir una mitigación de los efectos que, en edades posteriores, generan alteraciones epigenéticas. Ello sugiere un papel protector para el cuidado parental positivo a edades tempranas. Estos estudios no prueban de manera concluyente que la epigenética condicione, de modo absoluto, nuestro comportamiento humano, pero nos puede ayudar a la hora de tomar decisiones futuras.

La epigenética es una disciplina que está adquiriendo gran relevancia en la actualidad y en ella se investigan el conjunto de elementos funcionales que intervienen en la regulación de la expresión génica. Ahora bien, estos elementos (que son heredables) no modifican la secuencia de la molécula de ADN. Se ocupan de señalar las porciones del ADN (genes) que son expresadas en las diferentes células de nuestro cuerpo y también regulan el momento de tal expresión (Romá 2016).

El ADN (ácido desoxirribonucleico) contiene la información básica para que las células de los seres vivos puedan realizar sus funciones. Esta macromolécula es un polímero de nucleótidos que están formados, a su vez, por la desoxirribosa (un tipo de glúcido), por una base nitrogenada (que pueden ser adenina, timina, citosina y guanina) y por un grupo fosfato. El ADN tiene estructura de doble cadena a lo largo de las cuales se van localizando las diferentes bases nitrogenadas en secuencias determinadas que podrán ser decodificadas para la transcripción. La información contenida en el ADN, la información genética, puede decirse que es estática ya que no es fácilmente modificable. En cambio, la información epigenética puede modificarse a lo largo de la vida de las células, veremos más adelante la razón de ello. De ahí que se considere que las modificaciones epigenéticas son reversibles. Por esta última razón, el denominado epigenoma puede ser influenciado por factores ambientales de diverso tipo: estrés, dieta, contaminación, etc. Esto ocurre, fundamentalmente, durante el desarrollo embrionario y puede dar lugar a fenotipos diferentes que pueden, además, ser heredados (Romá 2016).

Por todo ello el epigenoma, es decir las transformaciones que “circundan” al ADN, difieren entre poblaciones celulares de un mismo ser vivo (por ello puede surgir, en un determinado organismo, unas células con alguna patología y otras no), también se puede hacer estas diferenciaciones en función del momento del desarrollo del organismo (esto es lógico puesto que la epigenética, como ya hemos dicho, está implicada en procesos de regulación genético) y, por último, la epigenética también es diferente en función del estado de salud de un organismo.

Como principio general, los datos epigenéticos y su interpretación requieren prudencia y cuidado en su utilización para prevenir posibles estigmatizaciones (Walter & Hümpel 2017). Aaron D. Goldberg describe epigenética como el puente entre el genotipo y el fenotipo, un fenómeno que modifica el resultado un determinado locus o cromosoma sin modificar la secuencia del ADN (Goldberg, Allis & Bernstein 2007). En general, epigenética estudia a) las modificaciones covalentes y no covalentes del ADN e histonas, proteínas que forman la cromatina junto al ADN, y b) los mecanismos por los cuales estas modificaciones influyen la estructura de la cromatina. Estos mecanismos epigenéticos son fundamentales para el desarrollo normal del individuo ya que regulan la expresión génica de una manera espacio-temporal, a pesar de que todas la células somáticas contienen el mismo ADN (secuencia ADN) en una determinada población de células en un momento determinado se expresan unos genes y no otros. Cambios epigenéticos como la metilación del ADN, la modificación de histonas o expresión de ARN no codificantes se ven afectados factores ambientales incluyendo la dieta o estrés. Estos cambios pueden alterar la regulación epigenética y determinar el desarrollo y/o riesgo de determinadas enfermedades en función de la dosis, duración, composición de dichos factores ambientales. Los principales tipos de modificación o mecanismos epigenéticos son (Bedregal et al. 2010; Walter & Hümpel 2017):

METILACIÓN DEL ADN

La metilación del ADN quizás sea la modificación de la cromatina mejor caracterizada, está basada en la incorporación de un grupo metilo a los nucleótidos del ADN. Además está presente en numerosos organismos aunque el nucleótido que se metila puede variar dependiendo del organismo (Feng et al. 2010; Zemach et al. 2010). En humanos, la metilación se produce en la posición 5' del anillo de pirimidina de la citosinas seguidas de una guanina en la misma cadena, conocidos como dinucleótidos CpG. En el genoma se observan regiones enriquecidas de CpGs que se conocen como islas CpG, estas islas suelen estar presentes en promotores génicos y su metilación esta correlacionada con represión de la transcripción (Goll & Bestor 2005). La metilación del ADN juega un papel esencial en la regulación génica y organización de la cromatina durante la embriogénesis y gametogénesis (Goll

& Bestor 2005), silenciamiento de secuencias repetitivas, inactivación del cromosoma X e impronta genética o "imprinting"(Smith, Arnaud & Kelsey 2004; Verona, Mann & Bartolomei 2003).

MODIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS HISTONAS

El ADN de nuestro genoma está empaquetado en los denominados nucleosomas, los cuales están compuestos, a su vez, por ocho histonas rodeadas por 150 bases nitrogenadas del ADN. Las histonas, son proteínas que colaboran en la compactación y organización del ADN dentro del núcleo celular y juegan un papel fundamental en los diferentes procesos de desempaquetamiento del ADN y en el empaquetamiento de este material genético para que, por ejemplo, se pueda realizar correctamente la mitosis (Walter & Hümpel 2017).

Estas histonas son modificadas en todos los eucariotas. Además, un buen número de enzimas son responsables de añadir, eliminar y reconocer a las propias histonas. Algunas de estas modificaciones de las histonas se realizan a través de, por ejemplo, la adición de grupos químicos tipo acetilo, metilo o fosfato. Estas modificaciones de las histonas pueden ser covalentes y no covalentes. Estos cambios alteran la estructura de la cromatina afectando los patrones de expresión génica. Por ejemplo, modificaciones que alteran la carga de las histonas como acetilación o fosforilación pueden modificar directamente la estructura de la fibra de cromatina haciendo regiones accesibles o no para la maquinaria de transcripción génica (Bannister & Kouzarides 2011). Ahora bien, ya hemos indicado que no son las únicas modificaciones que se realizan.

MICROARNs

Los ARNs (ácidos ribonucleicos) pequeños, de ahí el nombre de micro ARNs, pueden silenciar a los genes del ADN ya que interfieren con los promotores de la transcripción del ADN. A su vez, estas moléculas también son capaces de generar silenciamientos a través de su unión con determinadas proteínas.

Los ARNs no codificantes se pueden agrupar en: a) ARNs no codificantes cortos (200 nucleótidos o menos) y b) ARNs no codificantes largos o lncARNs (más de 200 nucleótidos). Curiosamente ambos participan en la regulación epigenética regulando la formación de heterocromatina, modificación de histonas y seleccionando las regiones afectadas por metilación de ADN (Peschansky & Wahlestedt 2014).

En la actualidad no es posible juzgar la importancia que tienen los ARNs no codificantes en el control de los procesos epigenéticos en los seres humanos. Ello es debido a que todavía se tiene una comprensión incompleta de ellos y de sus diversas formas (Walter & Hümpel 2017).

Estas tres modificaciones epigenética, en el material genético, permiten el control del genoma, lo que es denominado en sentido amplio como epigenoma y cuya finalidad es la lectura, la localización y la completa interpretación del conjunto de diferentes niveles de control epigenético. El análisis de este epigenoma aporta una información de gran relevancia sobre la predisposición genética y la epigenética de las personas. Por ello, el mapeado del epigenoma podrá abrir nuevas áreas de trabajo e investigación para la diagnosis personal y podrá proveer de respuestas la influencia del ambiente en nuestros genes. Este aspecto, que se sabe que presenta cierta influencia, todavía no está completamente caracterizado, de manera que no es posible estimar si los datos epigenómicos contienen rasgos permanentes de la adaptación epigenética a las circunstancias de la vida y a los estilos de vida (Walter & Hümpel 2017).

EPIGENÉTICA, ESTILOS DE VIDA Y ENFERMEDADES

Los estudios epigenéticos nos muestran parte de estos problemas a los que nos podemos ver sometidos. Estos cambios en la expresión génica son heredables y, por lo tanto, están condicionados por las alteraciones que se producen en nuestro ambiente. Ello sucede ya que existen procesos de regulación epigenética, gracias a ellos los organismos se adaptan —como hemos dicho— a los cambios en su medio ambiente y esta adaptación tiene como resultado la formación de diferentes fenotipos. Los cuales, a su vez, responden al medio ambiente al que sea expuesto el organismo. Esto ha llevado a considerar que biólogos, como el famoso Buffon, no estaban tan lejos de la realidad como se pensó a raíz del establecimiento del denominado mito del gen (Hubbard & Wald 1999).

Todo esto nos permite afirmar la importancia que tiene el conocimiento de la relación entre la genética y el ambiente. La información que nos pueda aportar las investigaciones de dicha interrelación es vital a nivel médico, biológico, farmacológico, etc. Además, no debemos olvidar, como expondremos con más detenimiento más adelante, que esta información tiene una enorme importancia a nivel sociológico, ya que abre posibilidades sociales (positivas y negativas) inexploradas.

Pues bien, en este sentido, existen investigaciones que sugieren la necesidad de examinar cómo la exposición al ambiente genera cambios internos. De hecho, se ha hablado del *exposoma* en referencia a la combinación de factores de exposición que condicionan, a su vez, al ambiente interno de una persona. Por ello, y dentro de ese *exposoma*, nos encontraríamos los elementos externos generales (estatus económico, social, educación, psicológicos, etc.), los elementos internos (metabolismo, hormonas endógenas, morfología corporal, etc.) y los elementos externos específicos (la radiación, los agentes infectivos, los contaminantes, los factores relacionados con nuestro modo de vida, etc) (Mechanic & Hutter 2015). En nuestro caso nos interesa especialmente el estrés como factor

condicionante, dada las características de los nuevos espacios urbanos a los que hemos hecho mención previamente.

En un reciente trabajo, se destaca que la exposición intrauterina al estrés ambiental podría traer consigo alteraciones del epigenoma a largo plazo. Este hecho implicaría, entonces, problemas por las consecuencias para la adaptación y el desarrollo en la descendencia. Por lo tanto, el estrés prenatal podría conducir a señales extensas, organizadas funcionalmente y duraderas en la metilación del ADN que, a su vez, podrían mediar asociaciones en el fenotipo (Murgatroyd et al. 2009; Cao-Lei et al. 2016).

Stankiewicz, Swiergiel & Lisowski (2013) nos muestra que existen una serie de mecanismos importantes en el estrés agudo y en el estrés crónico. En el primer caso, el del estrés agudo, el factor que podría ser el más potente y dañino como estresor psicogénico es el de las restricciones. Este factor tiene gran importancia sociológica, pero no se encuentra dentro de los objetivos de este trabajo. Por lo tanto, los mecanismos de estrés crónicos son los que más nos interesan en esta ocasión. Según Stankiewicz, Swiergiel & Lisowski (2013) uno de los estresores que tiene efecto sobre la actividad diaria humana es el estrés crónico social. Este tipo de estrés se presenta cuando no existe un balance adecuado entre los esfuerzos que realiza una persona en una determinada interacción social y las recompensas obtenidas (Tamashiro, Nguyen & Sakai 2005). Este tipo de estrés parece que genera cierto incremento en las acetilaciones, las cuales podrían ser la base de las modificaciones estables a nivel epigenético Stankiewicz, Swiergiel & Lisowski (2013). Por otro lado, el estrés variable crónico también genera cambios en los niveles de modificaciones epigenéticos de histonas (Stankiewicz, Swiergiel & Lisowski (2013); Ferland & Schrader 2011)

Los hallazgos recientes en epigenética nos indican que el estrés también puede modificar la regulación de la expresión génica en el sistema nervioso central. Cuando un organismo se encuentra sometido a un fuerte estrés o a niveles crónicos o habituales del mismo, el SNC se intenta adaptar a través de determinados mecanismos moleculares. Algunos de ellos son la metilación del ADN (de la que acabamos de hablar), las modificaciones de las histonas y la actividad de los microARN. El eje límbico hipotalámico-pituitario-adrenal (LHPA) es el circuito primario que inicia, regula y termina una respuesta al estrés. Pues bien, las mismas áreas del cerebro que controlan el estrés también reaccionan al propio estrés de forma dinámica y con consecuencias a largo plazo. Uno de los procesos biológicos que evocan cambios adaptativos potentes en el SNC, como los cambios en el comportamiento, la actividad genética o la plasticidad sináptica en el hipocampo, es el estrés psicógeno (Stankiewicz, Swiergiel & Lisowski 2013).

Acabamos de indicar que el estrés puede generar cambios permanentes en, por ejemplo, la metilación del ADN. Ahora bien, es necesario ser conscientes que la escala de tiempo para estos cambios todavía no está bien definida. En cualquier caso, los epigenetistas aceptan que existe una interrelación entre los genes y el ambiente, y afectan en el desarrollo humano, aunque no queda claro que dichas transformaciones sean latentes, reversibles o permanentes (Chung et al. 2016). De cualquier modo, la epigenética hace referencia al estudio de los mecanismos de regulación génica que van más allá del propio genoma y que pueden transferir información socio-ambiental en información genética (Meloni 2014).

La información a la que hemos hecho mención sobre los posibles efectos negativos del estrés en nuestra epigenética, nos lleva a cuestionar la idoneidad de la tendencia general en el desarrollo humano. Es decir, ya hemos indicado que las grandes ciudades y las mega-ciudades generan problemas sociales de diversa índoles: mayor pobreza, incremento del crimen, problemas de contaminación, mayor probabilidad de infecciones, etc. Glaeser (2011) nos indica que, pese a la existencia de estos problemas, gracias a la combinación –por parte de los gobiernos– de soluciones económicas e ingenieriles, se podrían solventar algunos de los problemas existentes. Por ello no sería razonable ponerse en una valoración antimoderna del progreso. El progreso actual, como todo fenómeno humano, tiene consecuencias positivas y negativas. Lo que debemos intentar es detectar los elementos potencialmente negativo para, posteriormente, ponerle remedio de algún modo y en base al conocimiento que tengamos.

La existencia de posibles soluciones a los problemas de calidad de vida en ciudades, referidos concretamente al estrés, no elimina las negativas consecuencias de las aglomeraciones. Pongamos algún ejemplo. Sachsenmeier (2016) nos indica que una lección que podríamos aprender para mitigar el estrés la encontramos en el movimiento de jardinería urbana. Ello es así puesto que esta actividad permite reducir los niveles de estrés de las personas y permite crear ciudades o áreas de ciudades más habitables. La idea que subyace a este movimiento proviene de una combinación entre lo natural, lo individual y lo social. En relación con la naturaleza sabemos que ésta ayuda a mitigar el estrés y aumenta la percepción de bienestar. Así mismo, tener un espacio para que las personas puedan emplearlo a su manera incrementa la creatividad y la actividad cerebral, unido a los efectos beneficios del contacto con la naturaleza. Tercero, lo social, en estos espacios es posible intercambiar impresiones con otras personas y participar en actividad comunitarias.

Como es evidente, con este ejemplo no se pretende afirmar que la incorporación de elementos naturales en las ciudades (paradigmas de las sociedades ciborg) sea algo suficiente para reducir el estrés.

Las ciudades presentan numerosos problemas que afectan directamente a nuestra relación con el entorno ya que nos obligan a estar constantemente alerta pudiendo llegar, como ya hemos dicho, a situaciones de estrés crónico. Todo este contexto trans-subjetivo (ya que incluye percepción individual, contexto social, economía, política, educación, etc.) nos lleva a plantear una propuesta preliminar que deberá ser analizada en posteriores investigaciones y que exceden el presente trabajo. A saber, la sociedad ciborg tiende romper las coreografías y las texturas de lo societal, concentrando la propia realidad simbólico-social alrededor de espacios sociales que no permiten el desarrollo personal (no lugares). Ello trae consigo las consecuencias que mostrábamos al comienzo del texto. Por ello sería conveniente desarrollar una estrategia de descentralización o fragmentación relativa de los espacios urbanos sin identidad. Es decir, convendría humanizar la ciudad desarrollando zonas donde las personas puedan habitar, sentirse parte de la textura societal. De tal manera que, pese al incremento constante de los espacios de concentración masiva de personas, sea más fácil poder vivir y convivir en zonas relativamente reducidas y facilitar la comunicación entre estas regiones. Incluso sería necesario intentar reducir el tamaño de los espacios urbanos e ir hacia entornos rur-urbanos (zonas mixtas entre lo rural y lo urbano) donde la densidad de población sea más baja (Coca & Valero-Matas 2013).

CONCLUSIONES

La epigenética es una disciplina cuyo conocimiento está interrelacionando disciplinas tales como la biología y la sociología. Hemos mostrado que un factor tan habitual en las sociedades actuales como el estrés puede generar cambios epigenético en los seres vivos. Como es evidente el cambio que queda por recorrer para conocer en detalle los efectos de estas transformaciones, los posibles mecanismos de tamponamiento de los efectos negativos del estrés, etc. están todavía por determinar, siendo uno de estos mecanismos es, por ejemplo, el nivel de educación de las personas (Domínguez-Berjón et al. 2008). Ahora bien, pese a las necesidades de incrementar la información epigenética disponible, consideramos que la información existente en la actualidad nos permite afirmar que existe cierto nivel de vinculación entre el desarrollo de urbes muy ciborgizadas, por ende, poco humanizadas y con mayores niveles de estrés. Es decir, las ciudades en las que la pérdida de espacio social sea mayor, donde imperen los no lugares, donde las dificultades de comunicación sean altas, donde existan grandes aglomeraciones humanas, etc. son susceptibles de presentar mayor índice de personas altamente estresadas. Debemos, por lo tanto, ser conscientes de esta realidad socio-biológica y trabajar para reducirla en lo posible. En este trabajo hemos planteado algunas posibles alternativas a desarrollo urbano actual. Sería necesario estudiarlas en profundidad para comprobar su viabilidad y si, efectivamente, aportan los beneficios potenciales esperados.

REFERENCIAS

- Alegría-Torres JA, Baccarelli A, Bollati V 2011. Epigenetics and lifestyle. *Epigenomics* 3(3):267-277. Disponible: <https://dx.doi.org/10.2217/epi.11.22>.
- Augé M 1993. *Los “no lugares” espacios del anonimato. Una antropología de la sobremodernidad*, Gedisa, Barcelona.
- Aragón MJ 2014. *Ciudad, símbolo e imaginario: Reflexiones sobre vivir el espacio urbano*, Liber Factory, Madrid.
- Aragón MJ 2017. La ciudad contemporánea y la experiencia del paisaje ciborg. *Sociología y tecnociencia*, 7(1):68-80. Disponible: <https://dx.doi.org/10.24197/st.7.2017.68-80>.
- Bauman Z 2003. *Modernidad líquida*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Bannister AJ, Kouzarides T 2011. Regulation of chromatin by histone modifications. *Cell Res*, 21(3):381-395. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1038/cr.2011.22>.
- Bedregal P, Shand B, Santos MJ, Ventura-Juncá P 2010. Aportes de la epigenética en la comprensión del desarrollo del ser humano. *Revista médica de Chile*, 138(3):366-372. Disponible: <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872010000300018>
- Bruckner P 1996. *La tentación de la inocencia*, Anagrama, Barcelona.
- Cao-Lei L, Veru F, Elgbeili G, Szyf M, Laplante DP, King S 2016. DNA methylation mediates the effect of exposure to prenatal maternal stress on cytokine production in children at age 13½ years: Project Ice Storm. *Clinical Epigenetics* 8:54. Disponible: <https://doi.org/10.1186/s13148-016-0219-0>.
- Coca JR 2010. *La comprensión de la tecnociencia*, Hergué, Huelva (España).
- Coca JR, Valero-Matas JA 2013. Rururbanidad cyborg. Aproximación tecnocientífica a un modelo graduado de lo rural. *Revista ITEA* 109(2):150-168.
- Chung E, Cromby J, Papadopoulos D, Tufarelli C 2016. Social epigenetics: a science of social science?. *The Sociological Review* 64(1_suppl):168-185. Disponible: <https://doi.org/10.1111%2F2059-7932.12019>.
- De Miguel Z, Haditsch U, Palmer TD, Azpiroz A, Sapolsky RM 2018. Adult-generated neurons born during chronic social stress are uniquely adapted to respond to subsequent chronic social stress. *Molecular Psychiatry* :1-11. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41380-017-0013-1>.
- Domínguez-Berjón MF, Borrell C, Cano-Serral G, Esnaola S, Nolasco A, Pasarín MI, Ramis R, Saurina C, Escolar-Pujolar A 2008. Construcción de un índice de privación a partir de datos censales en grandes ciudades españolas (Proyecto MEDEA). *Gaceta Sanitaria* 22(3):179-187. Disponible: <https://doi.org/10.1157/13123961>.
- Echeverría J 1999. *Los señores del aire: telépolis y el tercer entorno*, Barcelona, Destino.
- Feng S, Cokus SJ, Zhang X, Chen PY, Bostick M, Goll MG, Hetzel J, Jain J, Strauss SH, Halpern ME, Ukomadu C, Sadler KC, Pradhan S, Pellegrini M, Jacobsen SE 2010. Conservation and divergence of methylation patterning in plants and animals. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107(19):8689-8694. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.1002720107>.

- Ferland CL, Schrader LA 2011. Regulation of histone acetylation in the hippocampus of chronically stressed rats: a potential role of sirtuins. *Neuroscience* 174:192-196.
- Ge Y, Dou W, Liu N 2017. Planning Resilient and Sustainable Cities: Identifying and Targeting Social Vulnerability to Climate Change. *Sustainability* 9(8):1394. Disponible: <https://dx.doi.org/10.3390/su9081394>.
- Gergen KJ 1992. *El yo saturado*, Paidós, Barcelona.
- Gimeno Sacristán J 1998. *Poderes inestables en educación*, Morata, Madrid.
- Ginev D 2016. *Hermeneutic Realism. Reality Within Scientific Inquiry*, Springer, Dordrecht.
- Glaeser E 2011. Cities, Productivity, and Quality of Life. *Science* 333(6042):592-594. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1126/science.1209264>.
- Goldberg AD, Allis CD, Bernstein E 2007. Epigenetics: a landscape takes shape. *Cell*, 128(4):635-638. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2007.02.006>.
- Goll MG, Bestor TH 2005. Eukaryotic cytosine methyltransferases. *Annu Rev Biochem*, 74:481-514. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1146/annurev.biochem.74.010904.153721>.
- Hubbard R, Wald E 1999. *El mito del gen: cómo se manipula la información genética*, Alianza, Madrid.
- Jameson F 1996. *Teoría de la Postmodernidad*, Trotta, Madrid.
- Lederbogen F, Kirsch P, Haddad L, Streit F, Tost H, Schuch P, Wüst S, Pruessner JC, Rietschel M, Deuschle M, Meyer-Lindenberg A 2011. City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature* 22/474(7352):498-501. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1038/nature10190>.
- Lipovetsky G 1986. *La era del vacío*, Anagrama, Barcelona.
- Luhmann N 1998. *Sistemas sociales. Lineamientos para una teoría social*, Anthropos, Barcelona.
- Martín F 2006. Cambios sociales y trastornos de la personalidad posmoderna. *Papeles del psicólogo* 27(2):104-115.
- McGowan PO, Sasaki A, D'Alessio AC, Dymov S, Labonte B, Szyf M, Turecki G, Meaney MJ 2009. Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. *Nature Neuroscience*, 12(3):342-348. Disponible: <https://doi.org/10.1038/nn.2270>.
- Mechanic LE, Hutter CM 2015. Gene-Environment Interactions in Human Health. In LJ Su & TC Chiang (Eds.) *Environmental Epigenetics*, Humana Press-Springer, London, p. 229-249.
- Meloni M 2014. How biology became social, and what it means for social theory. *The Sociological Review* 62(3):593-614.
- Murgatroyd C, Patchev AV, Wu Y, Micale V, Bockmühl Y, Fischer D, Holsboer F, Wotjak CT, Almeida OFX, Spengler D 2009. Dynamic DNA methylation programs persistent adverse effects of early-life stress. *Nature Neuroscience* 12(12):1559-1566. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1038/nn.2436>.

- Narváez A 2012. *Ciudades inimaginables. El imaginario hegemónico tras la globalización*, UANL, México.
- Neil L, Conde C, Kulkarni J, Nyong A, Pulbin J 2008. *Climate Change and Vulnerability*, Earthscan, London UK.
- Peschansky VJ, Wahlestedt C 2014. Non-coding RNAs as direct and indirect modulators of epigenetic regulation. *Epigenetics*, 9(1):3-12. Disponible: <https://dx.doi.org/10.4161/epi.27473>.
- Rosa H 2013. *Social Acceleration: A New Theory of Modernity*, Columbia University Press, New York.
- Romá C 2016. *La epigenética*, Libros de la catarata, Madrid.
- Sachsenmeier P 2016. How to Avoid and Mitigate Stress in Megacities. *Engineering* 2(2):154 -155. Disponible: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.014>.
- Sennett R 1998. *The Corrosion of Character: The Personal Consequences of Work in the New Capitalism*, W. W. Norton & Company, London/New York.
- Smith RJ, Arnaud P, Kelsey G 2004. Identification and properties of imprinted genes and their control elements. *Cytogenet Genome Res*, 105(2-4):335-345. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1159/000078206>.
- Stankiewicz AM, Swiergiel AH, Lisowski P 2013. Epigenetics of stress adaptations in the brain. *Brain Res Bull* 98:76-92. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2013.07.003>.
- Tamashiro K, Nguyen MMN, Sakai RR 2005. Social stress: From rodents to primates. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 26 (1):27-40.
- Verona RI, Mann MR, Bartolomei MS 2003. Genomic imprinting: intricacies of epigenetic regulation in clusters. *Annu Rev Cell Dev Biol*, 19:237-259. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1146/annurev.cellbio.19.111401.092717>.
- Walter J, Hümpel A 2017. Introduction to Epigenetics. In R Heil, SB Seitz, H König & J Robiński (Eds.) *Epigenetics. Ethical, Legal and Social Aspects*, Springer VS, Wiesbaden (Germany), p. 11-30.
- Zemach A, McDaniel IE, Silva P, Zilberman D 2010. Genome-wide evolutionary analysis of eukaryotic DNA methylation. *Science*, 328(5980):916-919. <https://dx.doi.org/10.1126/science.1186366>

Stressful Environments in the Cyborg Society and Possible Epigenetic Implications

ABSTRACT

This article shows the social changes that have occurred in recent years. In postmodernity, the number of non-places in cities has increased, and cities are becoming increasingly stressful. All this has epigenetic consequences that must be taken into account in the design of cities. In the text, a review is

made of current research on stress and its epigenetic implications. Finally, a set of considerations that could mitigate the impact of stress in large cities are presented.

Keywords: Cyborg Society; Progress; Epigenetics; Stress.

Sumisión: 14/05/2018

Aceptación: 15/08/2018